

COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA

REVISTA  
2 9 4



1972  
28 DE OCTUBRE



REVISTA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA  
Nº 294 Octubre de 1972

#### JUNTA DIRECTIVA

Presidente ● Ing. Civ. Antonio Julio de Gu-  
ruceaga  
Vicepresidente ● Ing. Civ. Emilio Solórzano Y.  
Secretario ● Ing. Elec. Rafael Argenis Tovar  
Tesorero ● Arq. Carlos Celis Cepero  
Vocales ● Ing. Agr. Elbano A. Martín S.  
● Ing. Civ. Roger Urbina M.  
● Arq. Edgar Jaua

#### TRIBUNAL DISCIPLINARIO

Presidente ● Ing. Civ. Rodolfo Moleiro P.  
Vicepresidente ● Ing. Civ. Euclides Miranda  
Secretario ● Ing. Agr. Juan Guevara B.  
Vocales ● Ing. Civ. Carlos Sideregts  
● Ing. Hdr. y San. Diego Ferrer

#### COMISION DE COMUNICACION SOCIAL

Presidente ● Ing. Rafael Gayama  
● Ing. Juan Carlos Hiedra López  
● Arq. Carlos Otero  
● Ing. Gonzalo Camejo  
● Geól. César M. Rosales W.  
Oficina de Prensa ● Lic. José Estanga Medina

#### FUNCIONARIADO

Asesor General ● Ing. Civ. Manuel A. González  
Vale  
Secretario Ejecutivo ● Ing. Agr. Hernán Ríos Ohep  
Sec. de Ejercicio Profesional ● Ing. Ind. Alvaro Van Malavé  
Weber  
Consultores Jurídicos ● Dr. Carlos Leáñez S.  
● Dr. Luis Corsi

Las opiniones y conclusiones expresadas en los trabajos de esta  
Revista, son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

La reproducción total o parcial de los trabajos podrá hacerse  
siempre que se indique el título del trabajo, autor, nombre de  
la Revista y fecha de publicación.

#### SUSCRIPCION

El precio de la suscripción anual a la Revista del Colegio de Inge-  
nieros de Venezuela, que se publica en Marzo, Junio, Septiembre  
y Diciembre, es de Bs. 32,00. Precio del número atrasado: Bs. 10,00

#### OFICINA DE PRENSA

DIRECCION: Avenida Principal del Parque Los Caobos - Te-  
léfonos: 54 56 94 - 55 69 92 - 54 45 46 - 54 45 47 - 54 45 48  
Apartado 2006 - Cable: Coinve □ HORAS DE OFICINA:  
Lunes a Viernes: 9 a 12 m. y 3 a 7 p.m. - Caracas - Venezuela

Circulación: 11.000 Ejemplares

Impreso en Venezuela por Editorial Arte

# Colegio de Ingenieros de Venezuela

3

## ARQUITECTURA

Edificio I.B.M.

8

La Síntesis de las Artes

14

## INGENIERIA DE CONSULTA

Guía para el cálculo del valor de un Estudio  
o Proyecto de Ingeniería Civil

24

## INGENIERIA ESTRUCTURAL

La responsabilidad profesional del Ingeniero  
y el Arquitecto

27

Influencia del ambiente sobre las estructuras  
de hormigón en Venezuela

39

Dimensionamiento preliminar de pórticos  
sometidos a cargas horizontales

48

## INGENIERIA ELECTRICA Y MECANICA

La Televisión en colores en Venezuela

55

## INGENIERIA DE FUNDACIONES

Hacia una definición geotécnica de suelo  
y roca

63

## INGENIERIA HIDRAULICA

Notas técnicas sobre algunos métodos para  
la distribución de sedimentos en embalses

74

## INGENIERIA DE MINAS Y METALURGIA

Perspectivas del Desarrollo Siderúrgico  
en Venezuela

81

## INGENIERIA VIAL

El Metro de Caracas

96

## VARIOS

Comentarios al Código de Ética Profesional

101

Índice para los Boletines Nº 1 al 20 de la  
Sociedad Venezolana de Ingeniería Vial

110

Publicaciones Recientes



## Dimensionamiento preliminar de pórticos sometidos a cargas horizontales

Ing. Francisco Abenante

Uno de los puntos más importantes de las normas sísmicas de emergencia (quizás el más importante) es el que limita la deformación de un entrepiso con respecto al inmediato inferior, al 2 por mil de la altura entre ellos. Siendo este valor bastante restrictivo, influye decisivamente en la estructuración en general, obligando en muchos casos a rigidizar las edificaciones mediante la introducción de pantallas de corte o elementos similares en función.

Resulta entonces de primordial importancia, conocer de una manera sencilla, sin grandes complicaciones de cálculos más elaborados, la rigidez de una estructura

dada en su etapa de dimensionamiento preliminar, y a la vez, cómo se modifica su rigidez al cambiar secciones de algunos de sus miembros estructurales.

Para resolver dicho problema en las edificaciones formadas por pórticos, proponemos el método que se esboza a continuación:

Entre las diferentes fórmulas que permiten predecir, de una manera más o menos aproximada, el desplazamiento de un entrepiso, resulta particularmente cómoda, tanto por su sencillez como por su precisión, la propuesta por el Ing. Luis Pérez Olivares, que se resume así:

$$\Delta_n = \frac{Vh^2}{24E} \left\{ \frac{2}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{V_n}} + \frac{1}{\sum K_{V_{n-1}}} \right\}$$

Donde:  $\Delta_n$  = desplazamiento del nivel "n" con respecto al nivel "n-1".

V = corte total que actúa sobre el nivel "n".

$\sum K_c$  = suma de rigideces de las columnas entre los niveles "n" y "n-1".

$\sum K_{V_n}$  = suma de rigideces de las vigas del nivel "n".

$\sum K_{V_{n-1}}$  = suma de rigideces de las vigas del nivel "n-1".

Esta fórmula da resultados muy ajustados en caso de pórticos bastante simétricos, y aceptables en pórticos medianamente simétricos, pudiendo tener errores apreciables al tratarse de pórticos en exceso irre-

gulares. En todo caso, siempre puede ser una buena estimación inicial.

Al analizarse el primer entrepiso, la dispersión es muy grande, debiendo corregirse en la siguiente forma:

$$\Delta = \frac{Vh^2}{12E} \left\{ \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{2 \Sigma K_v + 1/6 \Sigma K_c} \right\}$$

Si consideramos ahora, que en la mayoría de los casos la variación de rigideces de vigas de piso a piso es pequeña, y prác-

ticamente nula entre pisos tipo de un edificio, podemos simplificar en la forma siguiente:

$$\Delta = \frac{Vh^2}{12E} \left\{ \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{\Sigma K_v} \right\} \quad \delta = \frac{\Delta}{h} = \frac{Vh}{12E} \left\{ \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{\Sigma K_v} \right\}$$

Siendo  $\Sigma K_v$  la suma de las rigideces de las vigas del nivel "n" considerado (en algunos casos, cuando la hipótesis anterior no es aceptable, puede cambiarse en la forma que se indica más adelante).

Resulta conveniente expresar lo anterior en función de la deformabilidad para el caso de vigas infinitamente rígidas:

$$\delta_{\infty} = \frac{\Delta_{\min}}{h} = \frac{Vh}{12E} \times \frac{1}{\Sigma K_c}$$

$$\delta = \frac{Vh}{12E} \times \frac{1}{\Sigma K_c} \left\{ 1 + \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_v} \right\} = \delta_{\infty} \left\{ 1 + \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_v} \right\}$$

$$\text{Tomemos como parámetro: } \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_v} = p \quad \delta = \delta_{\infty} [1 + p] \quad (1)$$

Para el primer entrepiso, la fórmula quedaría:

$$\delta = \delta_{\infty} \left\{ 1 + \frac{p}{2 + \frac{p}{6}} \right\}$$

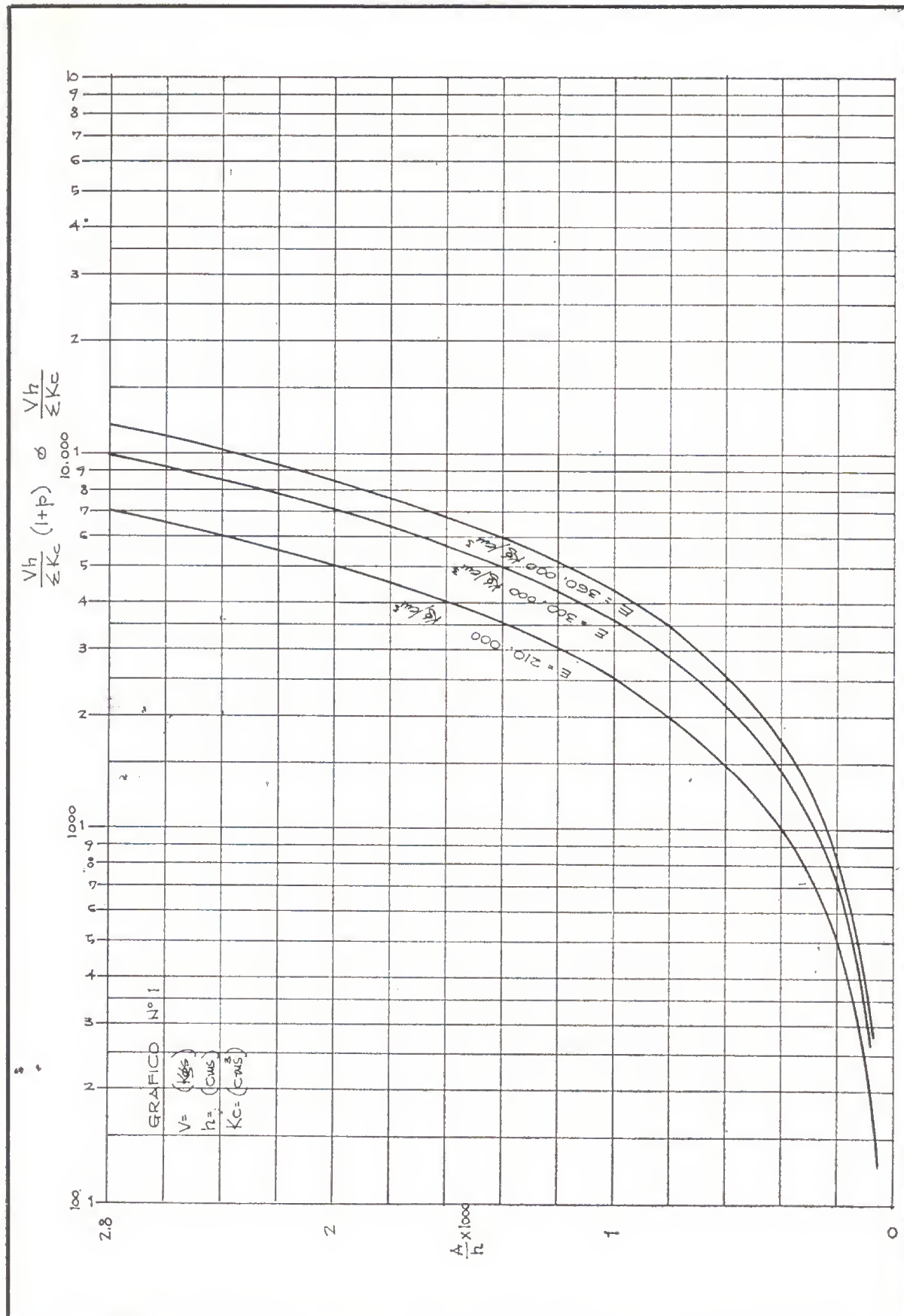
Si la diferencia entre rigideces de vigas de los niveles "n" y "n-1" es apreciable, se debe tomar un "p" promedio (como se

demuestra más adelante) entre los correspondientes a estos niveles, es decir:

$$p = \frac{p_n + p_{n-1}}{2}$$

$$\text{Siendo: } p_n = \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_{v_n}}$$

$$p_{n-1} = \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_{v_{n-1}}}$$





En el gráfico N° 1 se han presentado curvas de la expresión (1) para diferentes valores de E. Entrando con  $\frac{V_h}{\Sigma K_c} (1+p)$ ,

obtendremos la relación desplazamiento-altura del pórtico real. Si el valor de entrada corresponde a  $\frac{V_h}{\Sigma K_c}$ , obtendremos

la mínima relación de desplazamiento (vigas infinitamente rígidas). Este valor es muy interesante, pues ese tamaño en las columnas, constituye un valor límite, no pudiendo obtenerse una relación menor, cualquiera que sea el tamaño de las vigas. Este constituye el primer paso de la verificación del dimensionamiento.

Parece lógico dimensionar primero las columnas de acuerdo con la carga que sobre ellas obra, previendo además su capacidad a excentricidades más o menos fuertes, lo cual puede estimarse en números gruesos, según la experiencia. La utilización de un esfuerzo nominal base para el dimensionamiento es una práctica lógica y sencilla y que puede fundamentarse racionalmente, como lo demuestran algunos estudios realizados recientemente al respecto. (Seismic Design Criteria for Reinforced Concrete Buildings - J. Ferry Borges - Memoria N° 266 - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil - Lisboa). Una vez predimensionadas las columnas, se efectúa lo propio con las vigas.

Para cada entrepiso puede ahora determinarse el valor  $p = \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_v}$ . Analicemos un

entrepiso cualquiera. Con el corte total a este nivel (V), la suma de rigideces de las columnas por debajo del nivel considerado

$(\Sigma K_c)$  y la reclamabilidad  $\delta = \frac{\Delta}{h}$ .

Si es inferior a 0.002, estaremos dentro del requerimiento. Si es superior, habrá que modificar las dimensiones de vigas o

columnas, o ambas, de modo de obtener mayor rigidez. Aunque existirán excepciones, casi siempre  $p > 1$ . Las excepciones ocurrirán en los pisos superiores de los edificios, pero aun en este caso, y cumpliéndose los requisitos de deformabilidad, no es deseable que las vigas tengan capacidad a flexión superior a las columnas que las soportan, cosa fácil de ocurrir si aquéllas tienen inercias superiores a las últimas. No debemos olvidar que en caso de sismos mayores la estructura tendrá incursiones en el rango plástico, pues los cortes de diseño, por fuertes que sean siempre serán bastante inferiores a los que pueden generarse en un sismo mayor si se pretende un comportamiento puramente elástico. Ante este hecho, hay que tratar que las articulaciones se formen siempre primero en las vigas, para prevenir la formación de mecanismos. En resumen, deben evitarse las columnas débiles bajo vigas fuertes (criterio S.E.A.O.C.).

En caso de obtenerse deformabilidad superior al límite, antes de proceder al incremento de dimensiones de miembros, conviene investigar la deformabilidad  $\delta_\infty$ , lo cual puede hacerse con el mismo gráfico N° 1, entrando ahora con  $V_h/\Sigma K_c$ . El valor correspondiente  $\delta_\infty$  debe ser forzosamente inferior a 0.002 si se pretende conservar las dimensiones de columnas, variando sólo las vigas.

Para facilitar el nuevo dimensionamiento, evitando convertir el problema en repetidos tanteos, resulta útil averiguar, para una relación "p" inicial, cuánto disminuye el desplazamiento al aumentar en un cierto porcentaje las dimensiones de vigas o columnas. O de otra forma: en qué porcentaje debemos aumentar las rigideces de unas u otras para que el nuevo piso cumpla con los requerimientos de desplazamiento.

Caso 1° Modificación del desplazamiento aumentando sólo las rigideces de vigas.

$$p = \frac{\Sigma K_c}{\Sigma K_v} = \text{relación inicial de rigideces.}$$

$r_v$  = factor de aumento de rigideces de vigas.

$$p' = \frac{\Sigma K_c}{r_v \Sigma K_v} = \frac{p}{r_v} = \text{nueva relación de rigideces}$$

$$\delta = \delta_{\infty} (1 + p); \quad \delta' = \delta_{\infty} (1 + p')$$

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{1 + p'}{1 + p} = \frac{r_v + p}{r_v (1 + p)}$$

Caso 2º Modificación del desplazamiento aumentando sólo las rigideces de columnas.

$r_c$  = factor de aumento de rigideces de columnas.

$$p' = \frac{r_c \Sigma K_c}{\Sigma K_v} = r_c p = \text{nueva relación de rigideces.}$$

$$\delta = \delta_{\infty} (1 + p)$$

$$\delta = \delta'_{\infty} (1 + p') = \frac{1}{r_c} \delta_{\infty} (1 + p')$$

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{(1 + r_c p)}{r_c (1 + p)}$$

En el gráfico N° 2 se han planteado las curvas correspondientes, pudiéndose leer, para cualquier valor de  $p$ , cómo varía la deformabilidad nueva, con respecto a la inicial  $\frac{\delta'}{\delta}$  al incrementarse las rigideces de vigas o columnas.

Supongamos un caso particular en que con relación inicial  $p=4$  y un corte dado, se obtuvo un  $\delta=0.003$ . Queremos llevar este valor a  $\delta'=0.002$ .

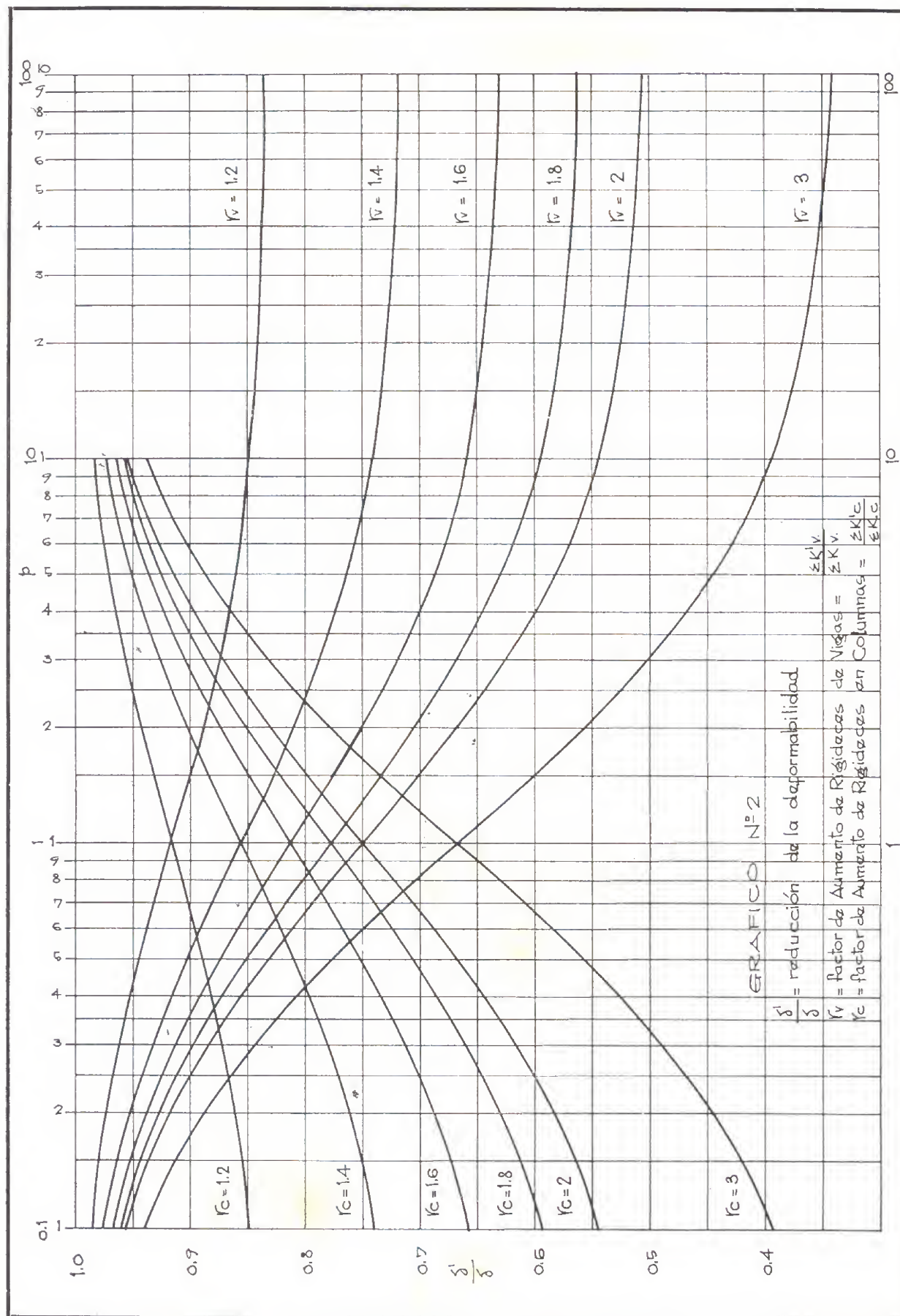
Entonces  $\frac{\delta'}{\delta}=0.66$ . Con este valor y  $p=4$ , estudiamos el gráfico N° 2.

$r_v=1.7$ , luego lograremos la rigidez deseada incrementando las rigideces de vigas en un 70%.

Nótese que en este caso no vale la pena aumentar las rigideces de columnas (solamente), pues triplicándose sólo se logra reducir el desplazamiento al 87%.

Se ve claramente que los incrementos en rigideces de columnas sólo son ventajosos para valores  $p \leq 1$  (o ligeramente mayores que uno).

Al crecer  $p$ , las curvas de incrementos de rigideces en columnas se estabilizan, haciéndose el haz asintótico a 1.







En algunos casos puede ser conveniente incrementar ambas, vigas y columnas. Esto puede tantearse fácilmente con ayuda de ambos gráficos.

De más está señalar que los incrementos requeridos no tienen que realizarse en to-

dos los miembros. Pueden distribuirse o concentrarse a voluntad, siempre que la suma de los incrementos sea la requerida y recordando los problemas inherentes a la torsión por asimetría y a cambios bruscos en rigideces.

### TABULACION DE DATOS Y RESULTADOS.

$E = 210.000 \text{ Kg./cm.}^2$

NIVEL	V (Kgs)	h (cm)	$\sum K_v$	$\sum K_c$	$\rho$	$\frac{Vh}{\sum K_c} (1+\rho)$	$\delta \frac{\Delta \times 1000}{h}$	$\delta_{real}$	$\frac{\delta}{\delta_{real}}$
12	40.600	275	14714	8172	0.555	2125	0.84	0.86	0.98
11	61.980	275	14714	8172	0.555	3243	1.29	1.33	0.97
10	81.430	275	14714	12064	0.820	3378	1.34	1.44	0.93
9	99.000	275	14714	16352	1.111	3515	1.40	1.47	0.95
8	114.630	275	14714	23806	1.618	3467	1.38	1.51	0.91
7	128.660	275	14714	31758	2.161	3516	1.40	1.52	0.92
6	140.620	275	14714	32700	2.222	3810	1.51	1.62	0.93
5	150.830	275	14714	50024	3.400	3648	1.45	1.55	0.94
4	159.110	275	14714	50842	3.455	3834	1.52	1.61	0.94
3	165.460	275	14714	60826	4.249*	3927	1.56	1.57	0.99
2	169.830	275	13936	97400	5.756*	3239	1.28	1.27	1.01
1	172.750	334	21.532	89.282	1.541**	1642	0.65	0.76	0.86

\* Valores promediados por disparidad de vigas

\*\* Valor corregido para primera planta.

NOTA: El  $\delta$  real fue calculado mediante un programa adecuado, propiedad de la firma "CYPECA".

*Distribución de cortes laterales entre pórticos, proporcionalmente a sus rigideces*

Para este problema también resulta útil el gráfico N° 1. Entrando en él con  $V=1$ , podemos obtener fácilmente la rigidez de un pórtico y así mismo la de los demás, pudiéndose entonces efectuar la distribución de cortes.

Sin embargo, para este problema, que ya se acerca al diseño, debemos levantar la simplificación inicial de suponer vigas iguales para dos niveles consecutivos (cuando no sea aplicable).

Tomando la fórmula inicial como valedera, llamemos:

$$p_n = \frac{\sum K_c}{\sum K_{v_n}} \qquad p_{n-1} = \frac{\sum K_c}{\sum K_{v_{n-1}}}$$

$$\Delta_n = \frac{Vh^2}{24E} \left\{ \frac{2}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{v_n}} + \frac{1}{\sum K_{v_{n-1}}} \right\} =$$

$$= \frac{Vh^2}{12E} \times \frac{1}{\sum K_c} \left\{ 1 + \frac{p_n + p_{n-1}}{2} \right\}$$

O sea, que la única modificación necesaria es cambiar el valor  $p$  por la semisuma de los mismos valores correspondientes a los niveles "n" (analizado) y  $n-1$ .

En la tabla de la pág. 46 podemos observar la simplicidad del proceso y lo aproximado de los resultados (para este caso particular).

Si se quisiera reducir la deformabilidad del nivel 6, por ejemplo, del valor  $1.51\%$  obtenido a otro valor, digamos  $1.2\%$ , haríamos uso del gráfico N° 2, entrando con:

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{1.2}{1.51} 0.79; p=2.22$$

obtendremos:  $r_v=1.45$ .

Esto significa que habrá que aumentar la inercia de las vigas de este nivel y del inferior en un 45%. (Si se desea aumentar sólo las vigas).

El otro valor,  $r_c=3.0$  (si se desea aumentar sólo las columnas), revela que habría que triplicar las rigideces de las columnas de dicho nivel.

### DEL CODIGO DE ETICA

*"Art. 4° Se considera contrario a la ética e incompatible con el digno ejercicio de la profesión ofrecerse para el desempeño de especialidades y funciones para las cuales no tenga capacidad, preparación y experiencia razonables, así como expresarse de sí mismo o anunciarse en términos laudatorios o en cualquier forma que atente contra la dignidad y seriedad de la profesión".*